

# Proposition de Sujet de thèse 2021

(1 page recto maximum)

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse : CNRM - UMR 3589

**Titre du sujet proposé : Modélisation et impact sur le climat des feux de biomasse extrêmes.**

**Nom et statut** (PR, DR, MCf, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (préciser si HDR) :  
Directeur : Marc Mallet (CR CNRS, GMGEC, HDR)  
Co-directeur : Pierre Nabat (IT, GMGEC)

**Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :**

Marc Mallet : 0561079373 / [marc.mallet@meteo.fr](mailto:marc.mallet@meteo.fr)  
Pierre Nabat : 0561079740 / [pierre.nabat@meteo.fr](mailto:pierre.nabat@meteo.fr)

## Résumé du sujet de la thèse

De nombreux feux extrêmes se sont produits à travers le monde (Californie, Sibérie, Australie, etc.) durant ces dernières années, et notamment pendant l'année 2020 qui a été une année exceptionnelle en matière d'incendies. Même s'il reste encore difficile de relier explicitement ces phénomènes extrêmes au changement climatique, les conditions environnementales (augmentation des températures, périodes de sécheresse plus longues) sont de plus en plus propices à ce type d'événement. Entre 1973 et 2012, la Californie a par exemple connu une augmentation de 140 % des grands incendies, soit une moyenne de 20 événements supplémentaires par décennie (Westerling, 2016).

Ces feux provoquent tout d'abord de grandes quantités d'émissions de gaz à effet de serre (entre 6 et 8 gigatonnes de CO<sub>2</sub> émises en 2019, contre 43 gigatonnes par les activités humaines, selon le programme Copernicus). En plus de ces émissions, ces grands feux de biomasse génèrent de fortes concentrations en particules et notamment en aérosols carbonés. Ceux-ci ont la capacité d'absorber une partie du rayonnement solaire, contrairement à d'autres particules émises par les activités humaines comme les sulfates. Ces grands panaches peuvent ensuite modifier de manière considérable la composition chimique de la basse troposphère mais aussi de la stratosphère (Khaykin et al., 2020), le bilan radiatif et potentiellement le climat de certaines régions comme la Sibérie, l'Australie ou la Californie, où les feux sont les plus intenses. Quantifier l'impact de ces aérosols sur le bilan radiatif à l'échelle régionale et globale ainsi que les rétroactions sur le climat représente une question majeure qui reste associée à de fortes incertitudes liées aux différents processus mis en jeu durant ces événements.

Les principales incertitudes concernent tout d'abord l'amplitude de ces émissions (Pan et al., 2020) et la structure verticale de ces panaches (Schill et al., 2020), qui vont ensuite contrôler en partie le transport longue-distance de ces aérosols. La manière dont ces particules de feux de biomasse interagissent avec le rayonnement solaire et notamment la capacité absorbante de ces aérosols reste également très incertaine actuellement dans les modèles globaux (Brown et al., 2021) et dépendent de la végétation et du type de combustion (Shi et al., 2019). Ces feux peuvent aussi modifier drastiquement l'albédo de la surface (Myhre et al., 2005). Tous ces processus contribuent donc à un impact important sur le bilan radiatif de certaines régions. En plus des interactions directes avec le rayonnement, les aérosols issus des feux de biomasse peuvent aussi interagir avec la couverture nuageuse, en entraînant des rétroactions sur la formation et l'évolution des nuages, notamment les nuages bas (Johnson et al., 2004). Afin de pouvoir étudier l'impact de ces panaches sur le climat, il est donc primordial de bien représenter ces différents processus dans les modèles de climat.

Dans ce cadre, le but de cette thèse est de mieux comprendre l'impact radiatif et climatique des feux extrêmes, grâce à la réalisation de simulations climatiques représentant au mieux ces feux et leurs propriétés. Le modèle de climat global ARPEGE, utilisé dans sa version haute résolution (~0.5°) et incluant le schéma interactif d'aérosols TACTIC (Nabat et al., 2020, Michou et al., 2020), permettra de réaliser ces simulations. Dans un premier temps, les développements et tests de sensibilité porteront

notamment sur les émissions, les altitudes d'injection et le transport de ces panaches extrêmes, afin de pouvoir reproduire correctement les caractéristiques des feux observés lors des années 2019/2020. L'utilisation des observations spatiales de la concentration intégrée et du profil vertical des aérosols (MODIS, POLDER, CALIOP) et également du monoxyde de carbone (Metop/IASI) servira de contraintes. En parallèle, l'objectif sera de mieux représenter les propriétés optiques et notamment l'absorption du rayonnement des aérosols de feux de biomasse pour ce type d'évènements. De nouveau, les produits satellitaires seront utilisés pour évaluer ces propriétés (Chen et al., 2020) dans le modèle ARPEGE.

Dans un second temps, ces simulations seront utilisées pour étudier la structure verticale, le transport longue-distance et les effets radiatifs et impacts climatiques associés (température, dynamique atmosphérique, nébulosité et précipitations). Des focus seront menés sur les régions fortement impactées par ces émissions sur cette période d'étude comme la Californie, la Sibérie ou encore l'Australie.

Nature du travail attendu et compétences souhaitées : Modélisation numérique et utilisation des observations spatiales. Connaissances générales en physico-chimie de l'atmosphère et aérosols. Attrait pour la programmation (fortran90, python). Bonnes connaissances de l'anglais. Aptitude à travailler en équipe.

### Références

Brown, H, X Liu, R Pokhrel, S Murphy, Z Lu, R Saleh, T Mielonen, et al., Biomass Burning Aerosols in Most Climate Models are Too Absorbing. *Nature Communications* 12(1), 2021.

Chen, C., O. Dubovik, D. Fuertes, P. Litvinov, T. Lapyonok, A. Lopatin, F. Ducos, Y. Derimian, M. Herman, D. Tanré, L.A. Remer, A. Lyapustin, A.M. Sayer, R.C. Levy, N.C. Hsu, J. Descloitres, L. Li, B. Torres, Y. Karol, M. Herrera, M. Herreras, M. Aspetsberger, M. Wanzenboeck, L. Bindreiter, D. Marth, A. Hangler, C. Federspiel, Validation of GRASP algorithm product from POLDER/PARASOL data and assessment of multi-angular polarimetry potential for aerosol monitoring. *Earth Syst. Sci.Data* 12, 3573-3620, 2020.

Johnson, B. K.P Shine, P.M. Forster, The semi-direct aerosol effect: Impact of absorbing aerosols on marine stratocumulus. *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.* 130, 1407-1422, 2004.

Khaykin, S., B. Legras, S. Bucci, P. Sellitto, L. Isaksen, et al.. The 2019/20 Australian wildfires generated a persistent smoke-charged vortex rising up to 35 km altitude. *Communications Earth & Environment*, Springer Nature, 2020.

Michou, M., P. Nabat, D. Saint-Martin, J. Bock, B. Decharme, M. Mallet, R. Roehrig, R. Séférian, S. Sénési and Voltaire, A., Present-day and historical aerosol and ozone characteristics in CNRM CMIP6 simulations, *James*, 12, e2019MS001816, 2020.

Myhre, G., Y. Govaerts, J. M. Haywood, T. K. Berntsen, and A. Lattanzio, Radiative effect of surface albedo change from biomass burning, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L20812, doi:10.1029/2005GL022897, 2005.

Nabat, P., Somot, S., Cassou, C., Mallet, M., Michou, M., Bouniol, D., Decharme, B., Drugé, T., Roehrig, R., and Saint-Martin, D., Modulation of radiative aerosols effects by atmospheric circulation over the Euro-Mediterranean region, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 8315-8349, 2020.

Pan, X., Ichoku, C., Chin, M., Bian, H., Darmenov, A., Colarco, P., Ellison, L., Kucsera, T., da Silva, A., Wang, J., Oda, T., and Cui, G.: Six global biomass burning emission datasets: intercomparison and application in one global aerosol model, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 969-994, 2020.

Schill, G.P., K.D. Froyd, H. Bian, A. Kupc, C. Williamson, C.A. Brock, E. Ray, R.S. Hornbrook, A.J. Hills, E.C. Apel, M. Chin, P.R. Colarco, and D.M. Murphy, Widespread biomass burning smoke throughout the remote troposphere, *Nature Geosciences*, doi:10.1038/s41561-020-0586-1, 2020.

Shi S, T. Cheng, X. Gu, H. Guo, Y. Wu and Y. Wang. Biomass burning aerosol characteristics for different vegetation types in different aging periods. *Environ Int.*, 2019.

Westerling, ALR, Increasing western US forest wildfire activity: sensitivity to changes in the timing of spring, *Phil. Trans. R. Soc.* B37120150178, 2016.